

AUTOMATIC CONTROL PROCESS AND DEVICE, IN PARTICULAR LAMBDA CONTROL

Publication number: DE3816520

Publication date: 1989-11-23

Inventor: HECK KLAUS (DE); PLAPP GUENTHER DIPL ING (DE); KURLE JUERGEN (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- international: F02D41/14; F02D41/14; (IPC1-7): F02D41/14; G01N27/50

- European: F02D41/14D5F

Application number: DE19883816520 19880514

Priority number(s): DE19883816520 19880514

Also published as:

 WO8911032 (A1)
 EP0370091 (A1)
 US5079691 (A1)
 EP0370091 (A0)
 EP0370091 (B1)[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE3816520

Abstract of corresponding document: WO8911032

A process for adapting the pilot control value of a control system is based on the fact that when the service conditions match the calibration conditions for the initial determination of pilot control values, no deviation of the correcting variable may occur in any operating area and on the fact that, accordingly, the deviations that nevertheless occur indicate that the calibration conditions no longer exist. This can be caused by the effects of aging or by uncompensated disturbances. Said process consists in determining the differences in the deviations of the correcting variable according to the different classes of an actuating variable. For each class of the actuating variable, a correcting value is then determined in such a way that said correcting value should compensate the previously observed error for the corresponding area during operation of the control member. Said process provides precise sectional adaptation in an off-line process and is thus particularly suited for the pilot control of the lambda-value of an internal-combustion engine. Devices required for implementing said process are low-cost microcomputers which are too limited in their operating speed to perform complicated adaptation procedures on line; but if said devices are provided with a counter panel which can be interpreted off line, they are perfectly suitable for precise, i.e. sectional adaptation.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Vorsteuern und Regeln einer Regelgröße, insbesondere des Lambdawertes des einer Brennkraftmaschine zuzuführenden Luft/Kraftstoffgemisches.

Stand der Technik

Ein Verfahren zum Vorsteuern und Regeln einer Größe ist z. B. vom Regeln des Lambdawertes bekannt. Für die Erläuterung eines solchen Verfahrens sei zunächst angenommen, der einer Brennkraftmaschine zugeführte Luftstrom sei konstant. Es wird eine Kraftstoffmenge zugeführt, die zum Lambdawert 1 führen sollte. Das Einhalten dieses Sollwertes wird durch eine Lambdasonde überwacht. Tritt aufgrund einer Änderung des Wertes einer Störgröße eine Abweichung des Lambda-Istwertes vom Lambda-Sollwert auf, wird die zugeführte Kraftstoffmenge so verändert, daß sich wieder der Lambdawert 1 einstellt. Nun sei angenommen, daß sich nicht nur der Wert einer Störgröße ändere, sondern daß sich auch der Luftstrom ändere. Auch dies führt zu einer Änderung des Lambda-Istwertes und damit zu einer Regelabweichung, die durch das Regelungsverfahren wieder ausgeglichen wird. Dieses Ausregeln kostet jedoch Zeit. Um die Zeit zu verkürzen, mit der auf eine Änderung des Luftstromes reagiert wird, ist es bekannt, in einem Kalibrierverfahren den jeweiligen Luftstrom zu messen und den zugehörigen Wert der Kraftstoffmenge zu bestimmen, der beim Vorliegen der Kalibrierbedingungen zum Lambdawert 1 führt. Weichen dann im tatsächlichen Betrieb die Bedingungen von den Kalibrierbedingungen ab, sind nur noch diese verhältnismäßig kleinen Abweichungen auszuregeln, jedoch nicht mehr die großen Änderungen, die durch willkürliche Änderung des Luftstromes bedingt sind.

Um die jeweils richtige Vorsteuergröße zu bestimmen, muß im Beispielsfall der Luftstrom gemessen werden. Ändert sich nun im Laufe der Zeit aufgrund von Alterungseffekten der Ausgangswert der Meßeinrichtung bei jeweils gleichem Luftstrom, also gleichem Eingangswert, wird der Vorsteuerwert falsch bestimmt. Auch dieser Fehler kann über die Regelung ausgeglichen werden, jedoch mit dem bereits genannten Nachteil der im Vergleich zur Vorsteuerung langsamen Reaktion. Es sind jedoch bereits Adaptionsverfahren entwickelt worden, um z. B. derartige Alterungseffekte bereits in der Vorsteuerung zu berücksichtigen. Bei den bekannten Adaptionsverfahren wird jedoch für den gesamten Meßbereich nur ein einziger Adaptionswert oder ein einziger Satz von Adaptionswerten bestimmt. Dies führt dazu, daß die korrigierte Vorsteuerung nur in demjenigen Meßbereich genau arbeitet, für den der Adaptionswert mit der alterungsbedingten Abweichung übereinstimmt. Um höhere Genauigkeit über den gesamten Meßbereich zu erzielen, ist es bekannt, Kennfelder für die Vorsteuerung und zugehörige adaptierte Kennfelder zu verwenden (DE 34 08 215 A1, entsprechend US-Ser.No. 6 96 536/1985). Dazu erforderliche Verfahren sind jedoch sehr rechenaufwendig, weswegen sie mit den in der Kraftfahrzeugelektronik üblichen Mikrocomputern auf absehbare Zeit nicht realisierbar sind.

Entsprechendes gilt auch für das Vorsteuern und Regeln einer Regelgröße an anderen Vorrichtungen als einer Brennkraftmaschine. Die Einflußgröße muß nicht notwendigerweise der Luftstrom sein, sondern es kann

z. B. auch die Viskosität des von einer Pumpe zu fördernden Fluids oder die Lüftung des auf einer bestimmten Temperatur zu haltenden Raumes oder jede beliebige Störgröße sein. Die Kalibrierung muß nicht notwendigerweise unter Einhalten des Regelstellwerts 0 erfolgen, jedoch ist dies von besonderem Vorteil, da dann im Betrieb die Regelung am wenigsten beansprucht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Vorsteuern und Regeln einer Regelgröße anzugeben, das alterungsbedingte Effekte bereichsweise durch Einflußnahme auf die Vorsteuergröße kompensiert. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens anzugeben.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung ist für das Verfahren durch die Merkmale von Anspruch 1 und für die Vorrichtung durch die Merkmale von Anspruch 13 gegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 2-12.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß es ein Zählerfeld verwendet, in dem während des Betriebs der Regelstrecke nur Zählerstände inkrementiert werden, das aber nicht laufend, sondern erst bei Eintritt einer Auswertebedingung ausgewertet wird. Das Zählerfeld ist nach Einflußgrößeklassen und Regelstellgrößeklassen gegliedert, wobei zu jeder Kombination der beiden Klassen eine Zelle mit einem Zähler gehört. Bei jeder Welterfassung während des Betriebes wird geprüft, in welcher Einflußgrößeklasse gerade die Einflußgröße und in welcher Regelstellgrößeklasse gerade der Regelstellwert liegt, und der Zähler der zugehörigen Zelle wird inkrementiert. Bei Eintritt der Auswertebedingung wird das Zählerfeld dahingehend ausgewertet, daß für jede Einstellgrößeklasse die Verteilung über die Regelstellgrößeklassen ermittelt wird und dann, wenn die Verteilungsschwerpunkte für unterschiedliche Einflußgrößeklassen in unterschiedlichen Regelstellgrößeklassen liegen, ein Korrekturwert für die jeweilige Einflußgrößeklasse berechnet wird und während des Betriebes der Regelstrecke die Stellwerte unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Einflußgrößeklassen durch den jeweils zugehörigen Korrekturwert beeinflusst werden, wobei die Korrekturwerte durch die Auswertung so bestimmt werden, daß die Verteilungsschwerpunkte für alle Einflußgrößeklassen in derselben Regelstellgrößeklasse liegen sollten. Werden keine weiteren Adaptionsmaßnahmen ergriffen, werden die Korrekturwerte so bestimmt, daß die Verteilungsschwerpunkte für alle Einflußgrößeklassen beim Regelstellwert 0 liegen sollten. Von besonderem Vorteil ist es, das Verfahren zusammen mit einer relativ schnell wirkenden Adaption anzuwenden. Diese übernimmt alle Abweichungen, die sich in einem für alle Einflußgrößeklassen gleichen multiplikativen und/oder additiven Störwert äußern. Die Auswertung des Zählerfeldes dient dann nur noch zur strukturellen Adaption, also zum Ausgleichen solcher Fehler, die einflußgrößeklassenindividuell sind.

Die erfindungsgemäße Einrichtung zeichnet sich insbesondere durch das Vorhandensein eines Zählerfeldes der genannten Art und durch Mittel zum Auswerten des Zählerfeldes aus.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von durch Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockfunktionsbild eines herkömmlichen Regelkreises;

Fig. 2 ein Blockfunktionsbild eines Regelkreises mit Vorsteuerung und Adaption;

Fig. 3 ein Kennliniendiagramm für eine Meßeinrichtung;

Fig. 4 ein Diagramm zum Erläutern des Aufbaues eines Zählerfeldes;

Fig. 5a, b, - 8a, b Diagramme entsprechend denen von Fig. 3 bzw. Fig. 4 zum Erläutern des Einflusses unterschiedlicher Kennlinienänderungen auf die Zählerwerte im Zählerfeld gemäß Fig. 4;

Fig. 9 ein Blockfunktionsbild eines Mittels zur Stellgrößenverarbeitung mit Zählerfeld und Zählerfeldauswertung;

Fig. 10a, b - 13a, b Diagramme entsprechend denen der Fig. 3 bzw. Fig. 4 zum Erläutern von Auswerteschritten zum Korrigieren von Kennlinienfehlern;

Fig. 14 ein Blockfunktionsbild betreffend ein Verfahren zur Lambdaregelung mit Vorsteuerung und Adaption der Ausgangsgröße mit Hilfe eines Zählerfeldes;

Fig. 15 ein Blockfunktionsbild eines Regelkreises mit Vorsteuerung durch ein Kennfeld und adaptiver Korrektur einer Adressiergröße des Feldes;

Fig. 16 ein Blockfunktionsbild eines Regelkreises mit online- und offline-Adaption der Vorsteuerung und

Fig. 17 und 18 je ein Zählerfelddiagramm zum Erläutern von Maßnahmen zum Verbessern der Auflösung eines Zählerfeldes.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Anhand des üblichen Regelkreises gemäß Fig. 1 seien zunächst einige Begriffe erläutert. Der Regelkreis verfügt über eine Regelstrecke 20, an der der Istwert einer Regelgröße durch einen Istwert-Sensor 21 gemessen wird. Dieser wird einer Vergleichsstelle 22 zugeführt und dort von einem Regelgrößen-Sollwert abgezogen. Die resultierende Regelabweichung wird von einer Regeleinrichtung 23, z. B. einer PI-Regeleinrichtung in einen Regelstellwert verarbeitet. Dieser ist so berechnet, daß er ein Stellglied 24 an der Regelstrecke 20 so verstellt, daß sich Verhältnisse einstellen, die den Istwert in Richtung auf den Sollwert stellen. Die Regelstrecke 20 kann z. B. eine durch einen Elektromotor angetriebene Pumpe oder eine Brennkraftmaschine sein. Der Sollwert ist dann z. B. die Pumpendrehzahl bzw. der Lambda wert des Abgases. Die Regeleinrichtung berechnet einen zum Erzielen der Drehzahl erforderlichen Stromfluß bzw. eine zum Erzielen des vorgegebenen Lambda wertes erforderliche Kraftstoffmenge. Das Stellglied ist demgemäß ein Stromsteller, z. B. ein Thyristor bzw. eine Kraftstoffumßeinrichtung, z. B. eine Einspritzventilanordnung.

Wird der Sollwert, also die Drehzahl oder der Lambda wert, plötzlich verändert, ergibt sich eine Regelabweichung. Die Regeleinrichtung 23 berechnet dann einen neuen Regelstellwert, der zu einem mit dem Sollwert übereinstimmenden Istwert führt. Wichtig für das Verständnis des Folgenden ist, daß der Regelstellwert somit vom Sollwert abhängt.

Der Regelstellwert hängt jedoch nicht nur vom Sollwert sondern auch vom Wert von Einflußgrößen ab, die

auf die Regelstrecke 20 einwirken. Im Beispielsfall der Pumpe können dies die Viskosität des zu pumpenden Fluids, die am Elektromotor liegende Spannung und der Widerstand von Lagern sein. Bei der genannten Brennkraftmaschine sind z. B. das Luftvolumen, der Luftdruck und Einspritzventilartierung Einflußgrößen. Es sei angenommen, daß sich z. B. die Viskosität des zu pumpenden Fluids erhöhe. Dann muß die Pumpe bei gleicher Drehzahl mehr leisten, die Regeleinrichtung 23 muß also durch Verändern des Regelstellwertes für höheren Stromfluß sorgen. Der Regelstellwert hat sich also bei konstantem Sollwert wegen geänderter Wert einer Einflußgröße verändert. Auch dieser Zusammenhang ist für das Verständnis des Folgenden von Bedeutung.

Bekanntlich vergeht eine gewisse Zeitspanne, bis nach Änderung des Sollwertes oder eines Einflußwertes der Istwert wieder in einen Gleichgewichtszustand eingeregelt ist. Um diese Zeitspanne zu verkürzen, sind verschiedene Maßnahmen bekannt, z. B. das Einführen eines D-Anteiles im Regelstellwert oder das Vorsteuern des Stellwertes. Dieser setzt sich dann aus einem Vorsteuerwert und einem Regelstellwert zusammen. Wird z. B. bei der genannten Pumpe der Sollwert, also die gewünschte Drehzahl, letztendlich das Pumpvolumen, erhöht, wird in einem solchen Fall nicht die Reaktion der Regeleinrichtung 23 auf die auftretende Regelabweichung abgewartet, sondern es wird gemeinsam mit dem Sollwert unmittelbar der Stellwert in solcher Weise erhöht, daß sich die gewünschte Drehzahl einstellen sollte. Der Zusammenhang zwischen Sollwert und Stellwert, die erforderlich sind, damit der Istwert den Sollwert erreicht, wird durch Kalibrierung ermittelt. Im Beispielsfall der Brennkraftmaschine kann die Größe, die zu einer unmittelbaren Veränderung des Stellwertes durch Vorsteuerung führt, der der Brennkraftmaschine zugeführte Luftstrom sein.

Anhand von Fig. 2 werden Details einer Vorsteuerung erläutert. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 stellt noch nicht die Erfindung dar, sondern leitet auf diese durch eine Zusammenschau von für sich bekannten Maßnahmen aus dem Stand der Technik hin. Anhand von Fig. 2 soll insbesondere erläutert werden, daß sich der Regelstellwert bei Verfahren mit Vorsteuerung bei Änderungen von Einflußgrößen anders verhält als bei einer Regelung, und daß das Verhalten noch weiter geändert wird, wenn zusätzlich eine Adaption vorhanden ist.

Auch der Funktionsablauf gemäß Fig. 2 setzt eine Regelstrecke 20, einen Istwert-Sensor 21, eine Vergleichsstelle 22, eine Regeleinrichtung 23 und ein Stellglied 24 voraus. Der von der Regeleinrichtung 23 abgegebene Regelstellwert wird aber nicht mehr direkt auf das Stellglied 24 gegeben, sondern aus ihm und einem Vorsteuerwert wird an einer Stellwertverknüpfungstelle 25 ein dann dem Stellglied 24 zugeführter Stellwert gebildet. Der Vorsteuerwert kommt in einem verhältnismäßig komplexen Verfahren zustande, das jedoch anhand von Fig. 2 nur prinzipiell erläutert wird.

In Fig. 2 ist davon ausgegangen, daß nur noch eine unkompensierte Einflußgröße als Störgröße auf die Regelstrecke 20 wirkt. Nur Schwankungen in den Störgrößenwerten sind noch über die Regeleinrichtung 23 auszugleichen. Der Einfluß anderer Störgrößen oder z. B. des Sollwertes sei durch eine Vorsteuerung kompensiert. Für eine kompensierte Störgröße ist ein Ablauf eingezeichnet. Es wird nämlich ein Störgrößen-Eingangswert ermittelt und durch ein Mittel 26 zur Störgrößenwandlung ein Störgrößen-Ausgangswert be-

stimmt. Der Störgrößen-Eingangswert ist z. B. die gemessene Eingangsspannung, bei der Pumpe, oder der Luftdruck, bei der Brennkraftmaschine, und der Störgrößen-Ausgangswert ist ein Strom, der zur Leistungskompensation erforderlich ist oder ein Multiplikationsfaktor, mit dem eine vorberechnete Einspritzzeit korrigiert wird, um die durch eine Luftdruckänderung hervorgerufene Luftmassenänderung zu kompensieren. Der Störgrößen-Ausgangswert wird durch ein Mittel 27 zur Störgrößenkorrektur in die Berechnung des Vorsteuerwertes eingeführt. Dieses Mittel kann z. B. einen Zusatzstrom addieren oder einen Einspritzzeitkorrekturfaktor multiplizieren.

Als weitere im Vorsteuerwert verarbeitete Größe ist in Fig. 2 eine Aufgabengröße dargestellt. Dies kann im Beispielsfall der Pumpe die Drehzahl, also das Pumpvolumen sein, und im Beispielsfall der Brennkraftmaschine das angesaugte Luftvolumen. Im ersten Fall entsprechen die Aufgabengrößenwerte also Sollwerten, während sie im zweiten Fall Einflußgrößenwerten entsprechen. Der jeweilige Wert der Aufgabengröße wird als Eingangswert einem Mittel 28 zur Aufgabengrößenwandlung zugeführt, das einen Ausgangswert ausgibt. Der Eingangswert kann eine zum Sollwert proportionale Spannung und der Ausgangswert ein Stellwert zur Stromsteuerung sein. Im anderen Beispielsfall kann der Eingangswert eine von einem Luftvolumensensor abgegebene Spannung und der Ausgangswert eine vorläufige Einspritzzeit sein, z. B. ausgedrückt als Zählerwert. Mit dem Ausgangswert wird der Störgrößen-Ausgangswert im Mittel 27 zur Störgrößenkorrektur verknüpft.

In Fig. 2 sind noch ein Stationsbedingungsfilter 29, eine Regelstellgrößenverarbeitung 30 und ein Mittel 31 zur adaptiven Korrektur 31 eingezeichnet. Die von diesen Mitteln ausgehenden Verfahrensschritte sollen zunächst außer acht gelassen werden.

Unter der soeben genannten Voraussetzung bildet der durch den Störgrößen-Ausgangswert im Mittel 27 zur Störgrößenkorrektur korrigierte Ausgangswert der Aufgabengröße den Vorsteuerwert, der in der Stellwertverknüpfungsstelle 25 mit der Regelstellgröße von der Regelungseinrichtung 23 zu dem dem Stellglied 24 zugeführten Stellwert verknüpft wird.

Es wird nun die Kalibrierung des Mittels 28 zur Aufgabengrößenwandlung und des Mittels 26 zur Störgrößenwandlung betrachtet. Bei der Kalibrierung des Mittels 28 zur Aufgabengrößenwandlung wird so verfahren, daß der Sollwert und alle Einflußgrößen außer der Aufgabengröße konstant gehalten werden. Dann wird für jeden Eingangswert der Aufgabengröße der Ausgangswert so bestimmt, daß der Wert der Regelstellgröße 0 wird. Nimmt dann im Betrieb der Regelstrecke 20 die Aufgabengröße einen bestimmten Eingangswert an, gibt das Mittel 28 zur Aufgabengrößenwandlung den in beschriebenen Kalibrierverfahren bestimmten Ausgangswert aus, so daß wieder der Regelstellwert 0 erreicht werden sollte. In welchen Fällen der Wert der Regelstellgröße ungleich 0 ist, wird weiter unten besprochen. Dies ist für die Erfindung von entscheidender Bedeutung.

Die Kalibrierung des Mittels 26 zur Störgrößenwandlung wird entsprechend durchgeführt wie die oben beschriebene Kalibrierung. Es werden nämlich der Sollwert und alle Einflußgrößen außer der einen Störgröße konstant gehalten, die gewandelt wird. Für jeden Störgrößen-Ausgangswert wird derjenige Störgrößen-Ausgangswert bestimmt, der in Verknüpfung mit dem vorliegenden Ausgangswert zum Regelstellwert 0 führt. Im

Betrieb der Regelstrecke 20 sollte dann jede Änderung dieser kompensierten Störgröße durch den zugehörigen Störgrößen-Ausgangswert in ihrem Einfluß auf die Regelstrecke aufgehoben sein.

Wirken auf die Regelstrecke 20 keine Größen außer denjenigen, die in der Vorsteuerung erfaßt sind, sollte es bei keiner Änderung dieser erfaßten Größen zu einer Abweichung des Regelstellwertes vom Wert 0 kommen. Nun ist es jedoch so, daß die Mittel 26 und 28 zur Wandlung von Größen altern können. Dann stimmt nach einiger Betriebszeit der beim Kalibrieren bestimmte Zusammenhang zwischen Eingangswert und Ausgangswert nicht mehr, es wird also zu einem bestimmten Eingangswert ein Ausgangswert ausgelesen, der nicht zu einem mit dem Sollwert übereinstimmenden Istwert führt, also einen Wert der Regelstellgröße ungleich 0 zur Folge hat. Je größer der Alterungsfehler wird, desto größer wird der Regelstellwert. Liegen mehrere Wandler vor und altert jeder dieser Wandler, setzt sich der von 0 abweichende Regelstellwert aus Teilwerten zusammen, die durch Alterungsfehler der verschiedenen Wandler bedingt sind. Außerdem wird der Regelstellwert noch durch unkompensierte Störgrößen beeinflusst. Wird bei der genannten Pumpe z. B. der Lagerwiderstand größer, würde der Drehzahl-Istwert gegenüber dem Sollwert absinken, wenn nicht die Regelung 23 vorhanden wäre, die in diesem Fall den Regelstellwert erhöht. Im Beispielsfall der Brennkraftmaschine kann eine unkompensierte Störgröße die Ventilalterung sein, aufgrund der das Ventil immer langsamer öffnet. Die Regelungseinrichtung muß dann für eine immer längere Ansteuerzeit für jeweils gleiche Kraftstoffmengen sorgen.

Das Vorstehende zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß bei einem Regelkreis die Werte der Regelstellgröße von den Werten von allen Einflußgrößen und vom Sollwert abhängen. Bei einem Regelverfahren mit Vorsteuerung führen dagegen alle Werteänderungen von kompensierten Größen, seien es der Sollwert oder Einflußgrößen, so lange nicht zu einer Abweichung der Regelstellgröße vom Wert 0, wie keine Alterungseffekte auftreten. Änderungen des Regelstellwertes sind also nur durch Alterungseffekte und unkompensierte Störgrößen bedingt.

Wird noch eine Adaption durch die Adaptionsmaßnahmen 29, 30 und 31 ausgeführt, kommt es auch unter Alterungseffekten und der Einwirkung unkompensierter Störgrößen nur noch vorübergehend zu Regelstellwerten ungleich 0. Dies wird nun erläutert.

Bei Adaptionsverfahren wird typischerweise die Regelstellgröße durch die bereits genannte Regelstellgrößenverarbeitung 30 integriert. Damit die Adaption nicht aufbauend auf Regelstellwerten für Sonder Situationen erfolgt, ist der Regelstellgrößenverarbeitung 30 bei verschiedenen Ausführungsformen das Stationsbedingungsfilter 29 vorgeschaltet. Diesem wird z. B. die Aufgabengröße zugeführt, und es läßt einen Regelstellwert nur dann an die Regelstellgrößenverarbeitung 30 durch, wenn die Aufgabengröße eine vorgegebene Änderungsgeschwindigkeit unterschreitet. Der von der Regelstellgrößenverarbeitung 30 berechnete Adaptionswert oder typischerweise Satz von Adaptionswerten wird dem Mittel zur adaptiven Korrektur 31 zugeführt, das den Adaptionswert bzw. die Adaptionswerte mit dem oben genannten Vorsteuerwert zum nunmehrigen Vorsteuerwert verknüpft.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß der zur Regelabweichung 0 gehörige Regelstellwert nicht not-

wenigerweise 0 sein muß, wie bisher vorausgesetzt. Dies wird dann zweckmäßigerweise der Fall sein, wenn der Regelstellwert additiv mit dem Vorsteuerwert verknüpft wird. Die Regelstellgröße kann jedoch auch ein Regelfaktor sein. In diesem Fall ist der zur Regelabweichung 0 gehörige Stellwert der Wert 1. Auf diesen Regelstellwert 1 hin erfolgen die oben genannten Kalibrierungsvorgänge.

Zum Veranschaulichen der Funktion der Adaption sei von der bereits mehrfach genannten Brennkraftmaschine ausgegangen. Aufgabengröße sei das Luftvolumen und kompensierte Störgröße der Luftdruck. Die Vorrichtung sei mit bestimmten Einspritzventilen kalibriert worden. Nun seien diese ursprünglichen Einspritzventile durch neue ersetzt worden, die bei gleichem Stellwert 5% weniger Kraftstoff ausgeben. Um diese 5% Kraftstoffverlust bei gleichem Vorsteuerwert auszugleichen, muß der Regelstellwert von 1 auf 1,05 ansteigen, um nach Multiplikation mit dem Vorsteuerwert einen um 5% erhöhten Stellwert zu liefern. Durch das Adaptionsverfahren wird dieser Regelstellwert integriert, und der so gebildete Adaptionswert wird im Mittel 31 zur adaptiven Korrektur mit dem störgrößenkompensierten Ausgangswert multipliziert. Die Integration erfolgt so lange, bis der Regelstellwert wieder den Wert 1 einnimmt. Dann ist der Adaptionswert 1,05. Die Adaption hat somit den Vorteil, daß auch nicht meßtechnisch erfaßte Störgrößen im Vorsteuerwert erfaßt werden, so daß Regelvorgänge auf ein Minimum beschränkt werden.

Problematisch bei der Adaption ist, daß in der Regel nur ein einziger Adaptionswert für den gesamten Arbeitsbereich der Regelstrecke 20 bestimmt wird, z. B. nur ein einziger multiplikativer Korrekturfaktor für alle Drehzahl- und Lastbereiche einer Brennkraftmaschine. Diesem Mangel wird bisher durch zwei Verfahren begegnet. Das eine liegt darin, daß ein Satz von Adaptionswerten für Effekte unterschiedlichen Charakters bestimmt wird, z. B. ein additiver Leckluftadaptionswert, ein multiplikativer Adaptionswert und ein einspritzzeit-adaptiver Adaptionswert. Die drei Werte werden in der genannten Reihenfolge mit dem Ausgangswert vom Mittel 28 zur Aufgabengrößenwandlung verknüpft, wobei vor der letzten additiven Verknüpfung noch der Regelfaktor eingearbeitet wird. Auch in diesem Fall gilt der Satz von drei Werten für alle Drehzahl- und Lastbereiche. Um diesem Mangel abzuhelfen, sieht das in der eingangs genannten Schrift erläuterte Verfahren vor, Adaptionswerte in einem drehzahl- und lastabhängigen Feld abzulegen und damit Ausgangswerte zu kompensieren, die aus einem zweiten drehzahl- und lastabhängigen Feld ausgelesen werden. Dieses letztere Verfahren ist jedoch außerordentlich rechenintensiv.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß komplexe Regelverfahren nach dem Stand der Technik durch Mikrorechner ausgeübt werden. Dementsprechend sind die verschiedenen Mittel zum Erzielen verschiedener Zwischenergebnisse im Regelverfahren, wie sie anhand der Fig. 1 und 2 erläutert wurden, normalerweise Rechenschritte in einem Programm. Die durch das Programm berechneten Stellwerte müssen im Abstand einiger Millisekunden aktualisiert werden, was zur Folge hat, daß komplizierte Programme, wie zum Ausüben des letztgenannten Verfahrens, in der Praxis nach derzeitigem Stand der Technik nicht mit vertretbaren Kosten ausführbar sind. Es sind hierzu größere Rechner erforderlich.

Für die weiteren Erläuterungen sei angenommen, daß

ein Regelverfahren mit Vorsteuerung ohne Adaption ausgeführt werde. Es sei weiterhin angenommen, daß keine Störgröße wirke, die nicht bereits bei der Kalibrierung gewirkt habe, und daß die kalibrierten Meßeinrichtungen und Wandlungseinrichtungen noch nicht gealtert seien. Dann gelten die folgenden Überlegungen.

Es sei von einer linearen Kennlinie z. B. des Mittels 28 zur Aufgabengrößenwandlung ausgegangen. Im Diagramm gemäß Fig. 3 ist auf der Abszisse die Eingangsgrößen in willkürlichen Einheiten aufgetragen, auf der Ordinate die Ausgangsgrößen ebenfalls in willkürlichen Einheiten. Innerhalb einer Spanne von 0–100 Einheiten der Eingangsgröße ändere sich die Ausgangsgröße zwischen den Werten 2 und 10 der dortigen Einheit. Eingangsgröße sei z. B. die Drehzahl und Ausgangsgröße eine Steuerspannung für einen Thyristor, oder Eingangsgröße sei die Spannung von einem Luftmassensensor und Ausgangsgröße sei ein Zählerwert für einen Zähler zum Festlegen der Einspritzzeit. Es wird darauf hingewiesen, daß im letzten Beispielfall der Zusammenhang im Gegensatz zu Fig. 3 in Wirklichkeit nicht linear ist. Die Eingangsgröße sei nun in vier Eingangsgrößenklassen unterteilt, nämlich die Klassen 0–25, 25–50, 50–75 und 75–100 Einheiten. Diese Klassen sollen zur Verwendung in einem Zählerfeld dienen.

Ein Beispiel für das soeben erwähnte Zählerfeld ist in Fig. 4 dargestellt. In ihm liegen die vier Eingangsgrößenklassen übereinander, also in y-Richtung. In x-Richtung liegen insgesamt acht Regelstellgrößenklassen nebeneinander, nämlich eine Klasse-IV für Stellgrößenabweichungen von $-(6\%-8\%)$ –III von $-(4\%-6\%)$, –II von $-(2\%-4\%)$, –I von $-(0\%-2\%)$, I von $0-2,5\%$, II von $2,5\%-5\%$, III von $5\%-7,5\%$ und IV von $7,5\%-10\%$. Das Feld weist aufgrund der Überschneidungen zwischen den vier Eingangsgrößenklassen und den acht Regelstellgrößenklassen insgesamt 32 Zellen auf. Jeder Zelle ist ein Zähler zugeordnet, d. h. dann, wenn das Zählerfeld durch einen RAM realisiert ist, ist jede zum Zählerfeld gehörige RAM-Zelle inkrementierbar. Der Zählerstand jeder Zelle wird zu Beginn des Betriebes der Regelstrecke 20 auf "0" gesetzt. Nach jedem Ansteuern des Stellgliedes 24, also z. B. eines Einspritzventiles, wird überprüft, in welcher Eingangsgrößenklasse und welcher Regelstellgrößenklasse sich das System gerade befindet. Im vorausgesetzten Fall, daß keine unerwarteten Werte von Störgrößen auftreten und keine Alterungseffekte vorhanden sind, beträgt die Stellgrößenabweichung idealerweise 0%, d. h. sie schwankt in der Praxis geringfügig um diesen Wert hin und her, so daß Eintragungen nur in den Regelstellgrößenklassen I und –I erfolgen. Im Beispiel von Fig. 4 ist davon ausgegangen, daß bereits 3600 Messungen der Stellgrößenabweichung vorgenommen seien. 400 Zählungen seien in der Eingangsgrößenklasse 0–25 Einheiten, 2000 Zählungen in der Eingangsgrößenklasse 25–50 Einheiten, 1000 Zählungen in der Eingangsgrößenklasse 75–100 Einheiten angefallen. Die Zählungen seien jeweils gleichmäßig auf die Regelstellgrößenklassen I und –I verteilt, so daß z. B. 1000 Zählungen in der Zelle liegen, die der Regelstellgrößenklasse I und der Eingangsgrößenklasse 25–50 Einheiten zugeordnet ist. Die Zählerstände sind in die Zellen in der Darstellung gemäß Fig. 4 eingetragen. Weiterhin eingetragen ist in jede Eingangsgrößenklasse eine Zählerstandsverteilung in Form einer Normalverteilung. Das Maximum und auch der Schwerpunkt jeder dieser Verteilungen fällt mit der y-Achse zusammen, da die Zählerstände symmetrisch zu dieser Achse sind. Die Verteilungsmaxima sind

aufgrund der unterschiedlichen genannten Zählerstände unterschiedlich hoch.

Der Erfindung liegt unter anderem die Überlegung zugrunde, daß dann, wenn es aufgrund eines Alterungseffektes zu Stellgrößenabweichungen kommt, die Zählerstände in Eingangsgrößenklassen nicht mehr symmetrisch zur y -Achse liegen können. Dann müssen die Schwerpunkte von aus den Zählerständen errechneten Normalverteilungen gegenüber der y -Achse verschoben sein.

Diese Überlegung wird nun anhand der Fig. 5a, b—8a, b erläutert.

Bei den Diagrammen gemäß den Fig. 5a und b ist davon ausgegangen, daß die Kennlinie gemäß Fig. 3 durch Alterung über den gesamten Bereich der Eingangsgröße eine um 4% erniedrigte Ausgangsgröße sei. Beispielsweise werden also statt dem Endwert "10" nun 0,4 Einheiten weniger angezeigt, also "9,6". Da der Fehler über den gesamten Bereich der Eingangsgröße prozentual gleich ist, wirkt er sich in allen vier Eingangsgrößenklassen gleich aus. Es sei angenommen, daß alle Eingangsgrößenklassen während der Meßwertfassung gleich oft angefahren werden, daß also in jede Eingangsgrößenklasse gleich viele Meßwerte fallen. Diese Annahme gilt für alle weiteren Betrachtungen von Zählerfeldern. Im Falle der Fig. 5b sollen für jede Eingangsgrößenklasse in die Regelstellgrößenklasse II 1500 Zählerwerte und in die Klasse III 500 Zählerwerte fallen. Dies führt zu Normalverteilungen mit dem Maximum und dem Schwerpunkt bei etwa 4%. Bei der Auswertung der Normalverteilung dient die x -Achse also nicht zur Klasseneinteilung, sondern sie zeigt in diesem Fall stetig die Stellgrößenabweichung in Prozent an.

Der Beispielsfall gemäß den Fig. 5a und b bedeutet für die Praxis z. B. das Folgende: Eingangsgröße sei die durch ein Luftmassenmesser tatsächlich strömende Luftmasse und Ausgangsgröße beim Zählerwert zum Festlegen der Einspritzzeit. Sinken die Zählerwerte für jeweils gleiche Luftmassen um 4% ab, bedeutet dies, daß um 4% zu wenig Kraftstoff der tatsächlich angesaugten Luftmasse zugeführt wird. Dies kann dadurch kompensiert werden, daß der Vorsteuerwert mit dem Regelfaktor, also dem Regelstellwert 1,04 multipliziert wird. Zum Kompensieren der um 4% abgesunkenen Ausgangswerte ist somit ein um 4% erhöhter Regelstellwert erforderlich, was aus Fig. 5b direkt ablesbar ist.

Im Fall der Fig. 6a liegt eine Parallelverschiebung nach unten um etwa den Wert 0,2 gegenüber der nicht gealterten Kennlinie von Fig. 3 vor. Diese Abweichung bedeutet für unterschiedliche Werte der Ausgangsgröße und damit auch unterschiedliche Werte der Eingangsgröße unterschiedlich große prozentuale Abweichung. So bedeutet die Abweichung in der niedrigsten Eingangsgrößenklasse A im Mittel etwa 7,5%, während sie in der höchsten Eingangsgrößenklasse nur etwa 21% ausmacht. In den verschiedenen Eingangsgrößenklassen liegen somit die Maxima und die Schwerpunkte der Normalverteilungen der Zählerstände nicht mehr in ein und derselben Regelstellgrößenklasse, sondern für die Eingangsgrößenklassen A, B, C und D liegen die Maxima und Schwerpunkt in den Regelstellgrößenklassen IV, III, II bzw. I.

In Fig. 7a ist eine Kennlinie dargestellt, die aufgrund von Alterungseffekten sowohl eine konstante wie auch eine proportionale Abweichung gegenüber der Ausgangskennlinie von Fig. 3 zeigt, nämlich eine Verschiebung nach unten um etwa 2 Einheiten wie bei Fig. 6a

und einen proportionalen Zuwachs von 4%. In diesem Fall liegen für die vier Eingangsgrößenklassen A, B, C, D die maximalen Schwerpunkte der Normalverteilungen der Zählerwerte in den Regelstellgrößenklassen IV, III, II bzw. I.

Eine weitere Variante eines alterungsbedingten Fehlers in der aktuellen Kennlinie gegenüber der ursprünglichen Kennlinie von Fig. 3 ist in Fig. 8a dargestellt. Im Eingangsgrößenbereich zwischen 50 und 75 Einheiten liegen die Werte der Ausgangsgröße 0,15 Ausgangsgrößen Einheiten unter den ursprünglich gemessenen Werten. In den Regelstellgrößenklassen A, B und D liegt kein Fehler vor. Dies hat zur Folge, daß für die Abweichungsklassen, in denen keine Alterung stattgefunden hat, die Maxima und Schwerpunkte der Normalverteilungen der Zählerstände unverändert bei der Stellgrößenabweichung 0% liegen. Für die Eingangsgrößenklasse C liegen dagegen das Maximum und der Schwerpunkt bei der Stellgrößenabweichung 2,5%, sind also gerade um eine Regelstellgrößen-Klassenbreite gegenüber den Werten der unveränderten Eingangsgrößenklassen versetzt.

Aus den Fig. 5—8 wird deutlich, daß sich unterschiedliche Alterungseffekte unterschiedlich äußern, nämlich prozentuale Effekte durch eine Parallelverschiebung der Maxima und Schwerpunkte der Normalverteilungen für alle Eingangsgrößenklassen, ein konstanter additiver Fehler durch eine Verschiebung, die mit zunehmendem Eingangswert zunehmend kleiner wird, und bereichsabhängiger Fehler durch eine Verschiebung von Maximum und Schwerpunkt lediglich für diejenige Eingangsgrößenklasse, die vom Fehler betroffen ist.

Die soeben genannten Zusammenhänge zwischen alterungsbedingten Änderungen in einer Kennlinie und beobachteten Verschiebungen der Normalverteilungen der Zählerstände im Zählerfeld können umgekehrt zum Kompensieren der alterungsbedingten Fehler durch Auswerten des Zählerfeldes genutzt werden. Dies ist in Fig. 9 schematisch dargestellt, die das aufgedielte Funktionsbild einer Regelstellgrößenverarbeitung 30 (vergl. Fig. 2) darstellt. Es liegen ein Zählerfeld 33 und eine Zählerfeldauswertung 34 vor.

Die Zählerfeldauswertung erfolgt offline, also nicht auf jedes Inkrementieren eines Fehlerstandes im Zählerfeld 33 hin. Die Auswertung kann z. B. jeweils nach Ablauf einer festgelegten Zeitspanne, nach Erreichen einer Gesamtzahl von Zählerinkrementierungen oder nach dem Außerbetriebsetzen der Regelstrecke 20 erfolgen. Welche Maßnahme zum Auslösen der Zählerfeldauswertung am sinnvollsten ist, hängt vom Anwendungsfall ab. Bei einer Pumpe, die ohne Unterbrechung und ohne häufige Instationszustände betrieben wird, ist es sinnvoll, jeweils nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne auszuwerten. Treten dagegen oft Instationszustände auf, kann es sinnvoller sein, das Erreichen einer Gesamtinkrementierungszahl abzuwarten. Bei Regelstrecken, die immer nur über Zeitspannen betrieben werden, die kurz im Vergleich zu Alterungszeiten sind, wie z. B. bei einer in ein Kraftfahrzeug eingebauten Brennkraftmaschine, ist es von besonderem Vorteil, die Auswertung immer direkt nach dem Stillsetzen der Brennkraftmaschine durchzuführen. Sie kann dann vom Bordrechner mit großer Sorgfalt bewältigt werden, ohne daß sich dies nachteilig auf aktuell vom Rechner zu steuernde Maßnahmen auswirkt.

Verschiedene Auswertemöglichkeiten werden nun anhand der Fig. 10a, b bis 13a, b erläutert.

In der Kennlinie gemäß Fig. 10a sind die anhand der

Kennlinien der Fig. 7a und 8a erläuterten Fehler vereinigt. Die aktuelle Kennlinie verläuft also steiler als die ursprüngliche, ist jedoch gegenüber dieser nach unten versetzt und weist in der Eingangsgrößenklasse C beziehungsweise kleinere Werte auf. Entsprechend stellt Fig. 10b eine Überlagerung der Zählerfelder gem. den Fig. 7b und 8b dar.

Es werde nun zunächst der additive Fehler korrigiert, und zwar dadurch, daß festgestellt wird, um wieviele Regelabweichungsprozente der Schwerpunkt der Normalverteilung der untersten Eingangsgrößenklasse A gegenüber dem Schwerpunkt der Normalverteilung am wenigsten vom additiven Fehler beeinflusst größten Eingangsgrößenklasse D verschoben ist. Um den festgestellten Betrag wird in der Normalverteilung der untersten Eingangsgrößenklasse A unter die Normalverteilung der obersten Eingangsgrößenklasse D verschoben, so daß nun die beiden Schwerpunkte und Maxima in derselben Regelstellgrößenklasse liegen, im Beispielsfall in der Regelstellgrößenklasse -II. Zugleich wird berechnet, was für ein additiver Korrekturwert für die Vorsteuerung der vorgenommenen Verschiebung entspricht.

Im nächsten, in Fig. 12 dargestellten Beispiel wird die Neigung der Kennlinie, also der multiplikative Fehler korrigiert. Dies erfolgt gemäß Fig. 12b dadurch, daß die Schwerpunkte aller Normalverteilungen in Bezug auf die Linie der Stellgrößenabweichung 0 gemittelt werden. Es liegen dann die Schwerpunkte der Normalverteilungen in den Eingangsgrößenklassen A, B und D bei etwa -0,8% und der Schwerpunkt der Normalverteilung in der Eingangsgrößenklasse C bei etwa 2,5%. Es wird ermittelt, um wieviele Stellgrößenabweichungsprozente der Mittelwert der Schwerpunkte verschoben wurde; im Beispielsfall sind dies etwa 2,5% von negativen zu positiven Regelstellgrößenabweichungen hin. Ein entsprechender additiver Korrekturwert wird ausgegeben, z. B. 1,025, wenn der Korrekturwert zuvor 1 betrug, oder 1,128 ($1,1 \times 1,025$), wenn der multiplikative Korrekturwert zuvor bereits 1,1 betrug.

Was nach der allgemeinen additiven und multiplikativen Korrektur noch bleibt, sind Verschiebungen, die durch den Fehler der Eingangsgrößenklasse C bedingt sind. Diese Fehler werden eingangsgrößenklassenindividuell korrigiert, sei es durch einen additiven oder einen multiplikativen Wert. Welcher Wert sinnvoller ist, hängt vom Gesamtverlauf des Verfahrens ab.

Beim Erläutern der Fig. 3-13 wurde davon ausgegangen, daß die erwähnten Kennlinien den Zusammenhang zwischen der Eingangsgröße und der Ausgangsgröße eines Mittels zum Wandeln von Werten darstellen. In diesem Fall sind zur Klasseneinteilung von Einflußgrößenklassen sowohl die Eingangsgröße als die bisher in diesem Zusammenhang Bezug genommen wurde, wie auch die Ausgangsgröße heranziehbar. Stelen Eingangsgröße und Ausgangsgröße dagegen Größen dar, wie sie an einer Meßeinrichtung auftreten, sind Werte der Eingangsgröße nicht direkt zugänglich, sondern Werte der Eingangsgröße werden aus Werten der Ausgangsgröße bestimmt, was ja Sinn des Messens ist. Wird z. B. die Luftmasse *ML* gemessen, ist Eingangsgröße die Luftmasse *ML* und Ausgangsgröße für die weitere Verarbeitung die Ausgangsspannung *U* des Luftmassensensors. Die Einflußgrößenklassen sind dann Ausgangsgrößenklassen statt Eingangsgrößenklassen, wie bisher für die Erläuterung angenommen.

Das vorstehend beschriebene Auswerteverfahren wird nun anhand von Fig. 14 in Gesamtschau mit einem

Verfahren zum Vorsteuern und Regeln des Lambda-wertes des einer Brennkraftmaschine 35 zugeführten Luft/Kraftstoffgemisches beschrieben. Von einem Luftmassensensor 36 wird eine Spannung *U* ausgegeben, und diese wird in einen Zählwert *Z* gewandelt, der zur Berechnung der Einspritzzeit herangezogen wird, innerhalb der ein Einspritzventil 37 geöffnet sein soll. Der Zählwert *Z* wird in einem Dividerschritt 38 durch die Drehzahl *n* der Brennkraftmaschine 35 dividiert und in einem Normierschritt 39 durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor normiert. Es folgt dann in einem Steigungskorrekturschritt 40 eine Multiplikation mit einem globalen Adaptionfaktor *FG*. In einem Verschiebungskorrekturschritt 41 wird ein globaler Adaptionssummand *SG* addiert. Bereichsabhängige Korrekturen werden in einem Strukturkorrekturschritt 42 durch Multiplikation mit bereichsabhängigen Korrekturfaktoren *FA*, *FB*, *FC* oder *FD* vorgenommen. Dadurch ist ein adaptierter Vorsteuerwert gebildet. Dieser wird in einer Stellwertverknüpfungsstelle 25 multiplikativ mit einem Regelfaktor *FR* verbunden, wodurch schließlich der dem Einspritzventil 37 zugeführte Stellwert gebildet ist.

Es sei angenommen, daß der genannte Stellwert genau die richtige Größe aufweist, daß sich aufgrund der zugeführten Luft und der eingespritzten Kraftstoffmenge gerade der LambdaWert 1 einstellt. Dies wird von einer Lambdasonde 43 an eine Vergleichsstelle 22 gemeldet, die den erhaltenen Lambda-Istwert von einem Lambda-Sollwert abzieht und die resultierende Regelabweichung, im angenommenen Fall die Regelabweichung 0, einer Regeleinrichtung 23 zuführt. Es wird darauf hingewiesen, daß die Regeleinrichtung in praktischer Anwendung nicht durch eine gesonderte Vorrichtung sondern durch Rechenschritte eines Programmes realisiert ist. Die Regeleinrichtung 23 gibt den Regelfaktor *FR* als Regelstellwert aus. Da die Regelabweichung "0" ist, ist der Regelfaktor "1". Der Regelfaktor *FR* wird nicht nur der Stellwertverknüpfungsstelle 25 zugeführt, sondern auch einem Stationärbedingungsfilter 29, und zwar sowohl als durchzulassende Größe wie auch als Entscheidungsgröße. Weitere Entscheidungsgröße ist die Ausgangsspannung *U* vom Luftmassensensor 36. Weisen sowohl der Regelfaktor *FR* wie auch die Spannung *U* nur Änderungsgeschwindigkeiten unterhalb von vorgegebenen Schwellwerten auf, läßt das Stationärbedingungsfilter 29 den bei jedem Rechenzyklus ermittelten Regelfaktor *FR* an ein Zählerfeld 33 weiter, das nach Regelfaktorabweichungsklassen als Regelstellgrößenklassen und nach Spannungsklassen als Einflußgrößenklassen gegliedert ist. In diesem Feld ergibt sich dann eine Eintragung wie z. B. die von Fig. 4, da ja vorausgesetzt wurde, es sollten keine Stellgrößenabweichungen auftreten. Eine Zählerfeldauswertung 34 ergibt demgemäß, daß der globale Adaptionfaktor *FG* den Wert 1 und der globale Adaptionssummand *SG* den Wert 0 beibehalten soll, also beides Werte, die den Vorsteuerwert unverändert lassen. Entsprechend werden die Bereichsfaktoren *FA*, *FB*, *FC* und *FD* unverändert mit "1" ausgegeben.

Nach einiger Betriebszeit sei der Luftmassensensor 36 dahingehend gealtert, daß zwischen der ihm tatsächlich durchströmenden Luftmasse *ML* und der Ausgangsspannung *U* nicht mehr der Zusammenhang gemäß Fig. 3, sondern der gemäß Fig. 10a bestehe. Für die verschiedenen Spannungsklassen ergeben sich dann während des Betriebes Zählerstände, die zu Normalverteilungen gemäß Fig. 10b führen. Wird die Brennkraftmaschine 35 stillgesetzt, beginnt die Zählerfeldauswer-

tung 34 zu arbeiten, d.h. sie führt die oben beschriebenen Korrekturschritte aus, ermittelt also einen globalen Adaptionssummanden *SG* (obige Erläuterung anhand von Fig. 12), einen globalen Adaptionfaktor *FG* (obige Erläuterung anhand von Fig. 11) und Bereichsfaktoren *FA*, *FB*, *FC* und *FD* (obige Erläuterung anhand von Fig. 13). Der jeweils neue Korrekturwert wird dem alten Korrekturwert überlagert, welche Rechenschritte in Fig. 14 durch Schleifen mit Abtast/Halte-Schritten *SH* 44 dargestellt ist. Betrug der alte globale Adaptionssummand *SG* z. B. 10 Zählerschritte für die Einspritzzeitberechnung und dementsprechend dem neu ermittelten globalen Adaptionssummanden *SG* 5 Zählerschritte, so geht in den Vorsteuerwert ein globaler Adaptionssummand *S* von 15 ein. Die Verhältnisse für den globalen Adaptionfaktor *FG* wurden bereits oben anhand eines Beispiels erläutert. Entsprechendes gilt für die Bereichsfaktoren *FA*-*FD*. Um darzustellen, daß jeder Bereichsfaktor gesondert gehalten und zum Bilden des neuen Faktors mit dem bei der Auswertung ermittelten Wert multipliziert werden muß, ist im zugehörigen Abtast/Halte-Schritt 44 der Hinweis $4 \times SH$ eingetragen. Welcher der vier einzelnen Schritte angesteuert wird, wird in einem Bereichsermittlungsschritt 45 festgestellt, der die Sensorspannung Unutzt.

Anhand von Fig. 15 soll nun erläutert werden, daß das Zählerfeld 33 auch komplexer aufgebaut sein kann, als bisher erläutert. Im Blockfunktionsbild gemäß Fig. 15 ist ein Vorsteuerwertspeicher 46 vorhanden, der über Werte der Drehzahl *n* und der Fahrpedalstellung *FPS* oder äquivalent, des Drosselklappenwinkels, angesteuert wird. Der Vorsteuerwert wird in einer Stellwertverknüpfungsstelle 25 mit einem Regelfaktor *FR* multiplikativ verknüpft und der so berechnete Stellwert wird einem Einspritzventil 37 zugeführt. Das Errechnen des Regelfaktors *FR* erfolgt wie oben anhand von Fig. 14 beschrieben. Im Blockfunktionsbild gemäß Fig. 15 fehlt ein Stationärbedingungsfilter 29; Stellfaktoren *FR* werden also ohne Filterung in ein Zählerfeld 33.1 eingetragen, das mehrere einzelne Zählerfelder enthält, das jeweils nach Fahrpedalstellungsklassen und Regelfaktorabweichungsklassen gegliedert ist. Jedes der Felder ist einem bestimmten Drehzahlbereich zugeordnet. Die Zählerfeldauswertung 34 bestimmt für jedes einzelne Zählerfeld für jede Fahrpedalstellungsklasse Korrekturwerte. Mit diesen Korrekturwerten werden die Werte der Fahrpedalstellung *FPS* multiplikativ in einem Stellungskorrekturschritt 47 korrigiert. Welcher Korrekturwert jeweils zugeführt wird, wird abhängig von der aktuell vorliegenden Fahrpedalstellungsklasse und Drehzahlklasse in einem Auswahlsschritt 48 festgelegt.

Bei dieser Anordnung ist davon ausgegangen, daß jeder Fahrpedalstellung und jeder Drehzahl eine gewisse Luftmasse zugeordnet ist. Beim Aufstellen der Werte des Vorsteuerwertspeichers 46, also beim Kalibrieren, wurden Vorsteuerwerte ermittelt, die für die jeweils vorliegende Drehzahl und Fahrpedalstellung zum Regelfaktor 1 führten. Altert nun der Fahrpedalstellungssensor, gibt also nach einiger Betriebszeit bei jeweils gleicher betrachteter tatsächlicher Fahrpedalstellung unterschiedliche Signale aus, erfolgt die Adressierung des Vorsteuerwertspeichers 46 falsch. Damit diese Adressierung nach wie vor richtig erfolgt, wird bereits der adressierende Wert der Fahrpedalstellung *FPS* korrigiert. Es wäre jedoch auch möglich, in der Zählerfeldauswertung 34 Korrekturwerte für die vom Vorsteuerwertspeicher 46 ausgegebenen Werte zu berechnen. Vorteilhafter ist es jedoch, den Fehler immer an derjen-

gen Stelle zu korrigieren, an der er verursacht wird.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß beim tatsächlichen Betreiben einer Regelstrecke, z. B. einer Brennkraftmaschine 33, normalerweise nicht so einfache Verhältnisse vorliegen wie zum Erlernen der bisherigen Beschreibung vorausgesetzt. Wie bereits oben erläutert, können Abweichungen des Regelstellwertes von demjenigen Wert, der der Regelabweichung 0 zugeordnet ist, nicht nur durch Alterungseffekte bedingt sein, die sich auf einzige Größe zum Bestimmen des Vorsteuerwertes beziehen, sondern es können sich mehrere Alterungseffekte überlagern und zusätzlich können Störgrößen einwirken, wie dies bereits oben anhand von Fig. 2 erläutert wurde. Ist anzunehmen, daß Regelstellwertabweichungen durch mehrere Effekte bedingt sind, empfiehlt es sich, eine Korrektur nicht an einer Einflußgröße vorzunehmen, wie z. B. an der Fahrpedalstellung im Verfahren gemäß Fig. 15, sondern die Korrektur erst in einem der letzten Schritte zum Bestimmen des Vorsteuerwertes zu bewerkstelligen. Nicht nur die geeignete Korrekturstelle hängt jedoch von den Gesamteigenschaften des Systems ab, sondern auch das am besten geeignete Auswertungsverfahren. Ist anzunehmen, daß störende Effekte vorwiegend multiplikativ wirkende Effekte sind, wird die Auswertung ihr Hauptaugenmerk auf möglichst genaues Bestimmen eines Faktors aus den Normalverteilungen richten. Ist dagegen bei einem anderen System anzunehmen, daß Alterungseffekte oder auch nicht kompensierte Störgrößen überwiegend additiv wirken, wird man darauf abzielen, einen Zustand entsprechend dem von Fig. 13b durch möglichst viele additive Korrekturanteile zu erreichen. Von der Art des Gesamtsystems hängt es auch ab, ob ein Stationärbedingungsfilter zweckmäßigerweise verwendet wird oder nicht, nach was für Bedingungen ein solches Filter arbeitet, und wie Regelstellwerte ausgewertet werden sollen. Beim Verwenden einer stetigen Regeleinrichtung 32 wird man z. B. jeden Regelstellwert ohne weitere Bearbeitung übernehmen können. Im Falle eines Zweipunktreglers ist es dagegen so, daß die Regelstellwerte dauernd um einen Mittelwert schwingen. Man nutzt dann entweder diesen Mittelwert oder auch die Sprungziele, die beim P-Sprung bei einer PI-Regeleinrichtung auftreten. Es wird darauf hingewiesen, daß unter "Regelstellwert, der der Regelabweichung 0 entspricht" im Falle eines Zweipunktreglers ein Mittelwert der Regelstellgröße zu verstehen ist.

Im bisherigen wird davon ausgegangen, daß eine Adaption des Vorsteuerwertes nur mit Hilfe der Zählerfeldauswertung 34 vorgenommen wird. Erfolgt diese Auswertung bei einer Brennkraftmaschine erst mit dem Stillsetzen der Brennkraftmaschine, hätte dies zur Folge, daß Änderungen während des Betriebes nicht adaptiert werden können. Hier kann es sich um unterschiedlichste Effekte handeln. Es können die Einspritzventile gewechselt worden sein, es kann kurz vor dem letzten Außerbetriebsetzen Kraftstoff mit Eigenschaften getankt worden sein, die von denen des Kraftstoffs der vorherigen Füllung stark abweichen, oder der Luftdruck kann sich seit dem letzten Betrieb oder während der Fahrt stark ändern, und die dadurch bedingte Luftdichtänderung kann aufgrund des Vorhandenseins lediglich eines Luftmengen- statt eines Luftmassenmessers nicht berücksichtigt werden. Um in solchen und ähnlichen Fällen eine schnelle Adaption herbeizuführen, ist es zweckmäßig, zum Adaptieren nicht nur die offline-Auswertung eines Zählerfeldes 33 zu verwenden, sondern noch eine online-Adaption auszuführen. Ein derartiges

Verfahren wird nun anhand von Fig. 16 erläutert.

Im Blockfunktionsbild gemäß Fig. 16 ist ein Luftvolumensensor 49 vorhanden, der abhängig von dem ihn durchströmenden Volumenstrom V_L eine Spannung U ausgibt, die zu einem Zählerwert Z zum Berechnen der Einspritzzeit führt. Dieser Zählerwert Z wird wiederum, wie bereits anhand von Fig. 14 erläutert, in einem Dividerschritt 38 durch die Drehzahl n dividiert und in einem Normierschritt 39 normiert. Es schließt sich ein Strukturkorrekturschritt 42 an, wie anhand von Fig. 14 erläutert. Nun folgen ein Leckluftadaptionsschritt 50, ein Multiplikationsadaptionsschritt 51, der bereits mehrfach erwähnte Stellwertverknüpfungsschritt 25, ein einspritzadditiver Korrekturschritt 52 und ein Batteriespannungskorrekturschritt 53. Auf letzteren wird nicht mehr weiter eingegangen. Durch all diese Schritte ist der dem Einspritzventil 37 zuführende Stellwert gebildet. Es wird darauf hingewiesen, daß in diesem Fall der Stellwert nicht, wie in den bisherigen Fällen beschrieben, an der Stellwertverknüpfungsstelle 25 aus einem Vorsteuerwert und einer Regelstellgröße gebildet wird, sondern an der Stellwertverknüpfungsstelle 25 wird zunächst ein vorläufiger Vorsteuerwert mit einem Regelstellwert, hier wiederum einem Regelfaktor FR , verknüpft, woraufhin noch der einspritzadditive Korrekturschritt 52 und der ebenfalls additive Batteriespannungskorrekturschritt 53 folgen. Der Regelfaktor wird wie bereits mehrfach erläutert, mit Hilfe einer Lambda-sonde 43 einer Vergleichsstelle 22 und einer Regeleinrichtung 23 gebildet. Der Leckluftsummand für den Leckluftadaptionsschritt 50, der Kompensationsfaktor für den Multiplikationsadaptionsschritt 51 und der Einspritzsummand für den Korrekturschritt 52 werden in üblicher Weise durch ein Mittel 54 für online-Adaption aus dem Regelfaktor FR gebildet. Die Adaption bewirkt, was bereits oben anhand von Fig. 2 erläutert wurde, daß der Regelfaktor FR auch nach sprunghaften Änderungen einer Störgröße, z. B. bedingt durch das Wechseln von Einspritzventilen oder durch einen wesentlichen anderen Luftdruck beim neuen Einschalten als beim letzten Ausschalten, relativ schnell denjenigen Wert erreicht, der der Regelabweichung 0 zugeordnet ist, also den Wert 1 im Falle des Regelfaktors FR . Langsam ablaufende Alterungseffekte wirken sich auf den Regelfaktor FR nicht feststellbar aus, da sie durch die schnelle online-Adaption dauernd kompensiert werden. So kann es im Lauf der Zeit zu einem starken Fehler in dem von einer Meßeinrichtung oder einem Signalgrößenwandler gelieferten Signal kommen, ohne daß dies zu einem Regelfaktor FR führen würde, der diese Abweichung in einem Zählerfeld 33 anzeigen würde. Nur strukturelle Fehler, also meßbereichsabhängige Fehler würden sich noch äußern, da diese durch den einen, für alle Bereiche gemeinsam bestimmten Satz von online-Adaptationsgrößen nicht kompensiert werden können. Jedoch wäre auch hier die Messung nicht sehr genau, da die online-Adaption immer dann, wenn ein neuer Meßbereich angefahren wird, in dem ein neuer struktureller Fehler auftritt, sofort reagiert, um diesen Fehler zu kompensieren. Für das genaue Feststellen von bereichsabhängigen Fehlern ist es daher vorteilhafter, wie folgt zu verfahren.

Zum Regelfaktor FR werden in drei Summationschritten 55 der Leckluftsummand, der Kompensationsfaktor und der Einspritzsummand addiert. Eigentlich müßte der Kompensationsfaktor eine multiplikative Verknüpfung erfahren, jedoch führt eine additive Verknüpfung zu einem vernachlässigbaren Fehler, da die

Abweichungen von 1 in der Regel gering sind. Die Summationsbildung hat den Vorteil, daß sich im summierten Wert der Fortschritt der online-Adaption nicht auswirkt; die Summe ist vielmehr alleine durch die im jeweiligen Betriebspunkt wirkenden Werte von Größen bedingt, die sich von Werten dieser Größe beim selben Betriebspunkt im Kalibrierzeitpunkt unterscheiden. Für das Zählerfeld ergibt sich als Beispiel die in Fig. 17 dargestellte Verteilung. Es sind wieder jeweils vier Regelstellgrößenklassen vorhanden, und zwar für positive und negative Abweichungen mit betragsmäßigen Bereichen von 0–5, 5–10, 10–15 und 15–25%. Als Einflußgrößenklassen sind drei Spannungswertklassen vorhanden, nämlich für 0–1, 1–2 und 2–3 Spannungseinheiten. Die Maxima und Schwerpunkte der bestimmten Normalverteilungen der Zählerstände liegen in der Abweichungsklasse für Regelstellgrößenabweichungen von 10–15% und in der nächsthöheren Klasse, also derjenigen für Abweichungen von 15–25%. 25% entspricht dem typischen Stellhub einer Regeleinrichtung 23 für eine Brennkraftmaschine 35.

Zur Auswertung werden die Normalverteilungen unter Berücksichtigung möglicher additiver und multiplikativer Fehler entsprechend verschoben, wie dies anhand der Fig. 11 und 12 erläutert wurde. Es bleiben dann noch die bereichsabhängigen Fehler gemäß Fig. 12, die im Fall von Fig. 16 durch bereichsabhängige Summanden im Strukturkorrekturschritt 42 in die Bestimmung des Vorsteuerwertes eingearbeitet werden. Welcher Bereichskorrektursummand jeweils von einer Zählerfeldauswertung 34 weitergegeben wird, wird in einem Bereichsermittlungsschritt 45 bestimmt, der überprüft, welcher Spannungsbereich jeweils gerade vorliegt.

In Fig. 16 ist noch ein Rückkorrekturschritt 56 gestrichelt eingezeichnet, dessen Ausführung unter besonderen Bedingungen von Vorteil sein kann. Es ist nämlich zu beachten, daß durch die Zählerfeldauswertung 34 während des Stillstandes der Brennkraftmaschine 35 neue Bereichskorrekturwerte für den Strukturkorrekturschritt 42 bestimmt werden, was nach dem Einschalten der Brennkraftmaschine für einen bestimmten Betriebszustand einen anderen Vorsteuerwert liefert, als er noch kurz vor dem Ausschalten bei richtig erfolgter Adaption verwendet wurde. Es ergibt sich also ein insgesamt falsch adaptierter Wert, der durch die online-Adaption 54 erst wieder kompensiert werden muß. Wird dagegen z. B. der Leckluftsummand durch den Rückkorrekturschritt 56 gerade um das verringert, um das der Bereichskorrekturwert erhöht wird, oder umgekehrt, bleibt die Gesamtwirkung der Adaption unverändert. Diese Rückkorrektur ist jedoch nur dann sinnvoll, wenn sich für alle Bereiche ein gemeinsamer Rückkorrekturwert finden läßt, der nach Einarbeitung in einen nicht nach Bereichen unterscheidenden Wert von der online-Adaption zu einer Verbesserung der Vorsteuerung führt. Inwieweit dies möglich ist, hängt vom Gesamtaufbau des jeweiligen Systems ab.

In Fig. 18 ist eine vorteilhafte Variante der Klasseneinteilung eines Zählerfeldes 33 dargestellt. Der vorgenannten Einteilung liegt die Beobachtung von Fig. 17 zugrunde, daß nämlich die Maxima und Schwerpunkte der Normalverteilungen für alle Einflußgrößenklassen relativ stark verschoben sind, aber dicht im Bereich zwischen etwa 10% und 25% Abweichung ineinanderliegen. Die Klasseneinteilung der Stellgrößenabweichungen erfolgt daher nicht mehr zwischen –25 und +25%, sondern nur noch zwischen +10 und 25%, jedoch nach wie vor in acht Klassen. Dadurch lassen sich Bereichsun-

terschiede mit erheblich verbesserter Auflösung ermitteln. Es ist jedoch von Vorteil, die beiden äußersten Klassen als weitgespannte Sammelklassen zu verwenden. So erfüllt die ganz linke Regelstellgrößenklasse alle Werte zwischen -25 und $+10\%$ Abweichung und die ganz rechte Klasse alle Werte größer 22% .

Ergibt die Feinaufteilung bei der nächsten Auswertung, daß die Maxima und Schwerpunkte aufgrund verbesserter Bereichsadaption nur noch z. B. zwischen 14 und 18% liegen, wird die Aufteilung des Zählerfeldes für die Werteerfassung im nächsten Betriebszyklus vorteilhafterweise weiter verfeinert, daß also wieder zwei große Randklassen und dazwischen sechs Klassen mit jeweils nur einem halben Prozent Breite liegen.

Bei den bisherigen Ausführungsbeispielen wurde von acht Regelstellgrößenklassen und vier Einflußgrößenklassen ausgegangen. Die Wahl dieser Klassenanzahlen erfolgte aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung. In der Praxis wird man die Anzahl der Einflußgrößenklassen vorzugsweise höher wählen, um eine möglichst feingegliederte strukturelle, also bereichsweise gegliederte Adaption zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren nach Vorstehern und Regeln einer Regelgröße, bei dem mindestens eine Einflußgröße gemessen wird und abhängig vom Meßergebnis ein Wert einer Vorsteuergröße zum Vorsteuern der Stellgröße ausgegeben wird, der in einem Kalibrierverfahren bei vorgegebenen Bedingungen zuvor so bestimmt wurde, daß die Wirkung der Einflußgröße in vorgegebenem Ausmaß kompensiert wurde, also ein vorgegebener Regelstellwert auftrat, vorzugsweise der zur Regelabweichung 0 gehörige Regelstellwert, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Einflußgröße wertemäßig in Einflußgrößenklassen aufgeteilt wird,
- eine regelstellgrößenabhängige Größe in Regelstellgrößenklassen wertemäßig aufgeteilt wird,

— während des Betriebes der Regelstrecke wiederholt ermittelt wird, in welcher Regelstellgrößenklasse der Regelstellwert und in welcher Einflußgrößenklasse der Wert der Einflußgröße gerade liegt und ein Zähler in einer Zelle inkrementiert wird, die Teil eines Zählerfeldes ist, dessen Zellen über Nummern der beiden Klassen adressierbar sind, und

— nach Eintritt einer Auswertebedingung das Zählerfeld dahingehend ausgewertet wird, daß für jede Einflußgrößenklasse die Verteilung über die Regelstellgrößenklassen ermittelt wird und dann, wenn die Verteilungsschwerpunkte für unterschiedliche Einflußgrößenklassen in unterschiedlichen Regelstellgrößenklassen liegen, ein Korrekturwert für die jeweilige Einflußgrößenklasse berechnet wird und während des Betriebes der Regelstrecke die Stellwerte unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Einflußgrößenklasse durch den jeweils zugehörigen Korrekturwert beeinflusst werden, wobei die Korrekturwerte durch die Auswertung so bestimmt werden, daß die Verteilungsschwerpunkte für alle Einflußgrößenklassen in denselben Regelstellgrößenklassen liegen sollten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine online-Adaption durch Auswerten von Regelstellwerten ausgeführt wird, bei welcher Adaption die Gesamtwirkung von Adaptionswerten und Regelstellwerten im wesentlichen konstant bleibt, und daß in diesem Fall die Summenwerte von Adaptionswerten und Regelstellwerten in Regelstellgrößenklassen aufgeteilt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturwerte so bemessen werden, daß die Verteilungsschwerpunkte für alle Einflußgrößenklassen bei demjenigen Regelstellwert liegen sollten, der zur Regelabweichung 0 gehört.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertebedingung der Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertebedingung das Erreichen einer vorgegebenen Anzahl von Zählerinkrementierungen ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertebedingung das Stillsetzen der Regelstrecke ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß alle Zählerwerte des Zählerfeldes nach der Auswertung auf 0 gesetzt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellwerte dadurch beeinflusst werden, daß die Werte der Einflußgröße vor einer Wandlung korrigiert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellwerte dadurch beeinflusst werden, daß die Werte der Einflußgröße nach einer Wandlung korrigiert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellwerte unabhängig von der jeweils vorliegenden Einflußgrößenklasse durch einen allen Einflußgrößenklassen gemeinsamen additiven Korrektur-Teilwert beeinflusst werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–10, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellwerte unabhängig von der jeweils vorliegenden Einflußgrößenklasse durch einen allen Einflußgrößenklassen gemeinsamen multiplikativen Korrektur-Teilwert beeinflusst werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–11, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelgröße der Lambdawert des einer Brennkraftmaschine zugeführten Luft/Kraftstoffgemisches, die Einflußgröße eine luftflußanzeigende Größe und die Vorsteuergröße eine kraftstoffzumessende Größe ist.

13. Vorrichtung zum Ausüben eines Verfahrens nach Vorstehern und Regeln einer Regelgröße, bei dem mindestens eine Einflußgröße gemessen wird und abhängig vom Meßergebnis ein Wert einer Vorsteuergröße zum Vorsteuern der Stellgröße ausgegeben wird, der in einem Kalibrierverfahren bei vorgegebenen Bedingungen zuvor so bestimmt wurde, daß die Wirkung der Einflußgröße auf die Regelstrecke in vorgegebenem Ausmaß kompensiert wurde, also ein vorgegebener Regelstellwert auftrat, vorzugsweise der zur Regelabweichung 0 gehörige Regelstellwert, gekennzeichnet durch

- ein Zählerfeld (33), das in Einflußgrößen-

klassen und dazu orthogonale Regelstellgrößenklassen unterteilt ist, wodurch sich eine Anzahl von Zellen ergibt, die über Nummern der beiden Klassen adressierbar sind,

— ein Mittel zum wiederholten Ermitteln während des Betriebes der Regelstrecke, in welcher Regelstellgrößenklasse der Regelstellwert und in welcher Einflußgrößenklasse der Wert der Einflußgröße gerade liegt und ein Zähler in der zugehörigen Zelle inkrementiert wird, und

— ein Mittel zum Auswerten des Zählerfeldes nach Eintritt einer Auswertebedingung, welches Mittel für jede Einflußgrößenklasse die Verteilung über die Regelstellgrößenklassen ermittelt und dann, wenn die Verteilungsschwerpunkte für unterschiedliche Einflußgrößenklassen in unterschiedlichen Regelstellgrößenklassen liegen, einen Korrekturwert für die jeweilige Einflußgrößenklasse berechnet und während des Betriebes der Regelstrecke die Stellwerte so unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Einflußgrößenklasse durch den jeweils zugehörigen Korrekturwert beeinflusst, wobei die Korrekturwerte durch das Mittel zur Auswertung (34) so bestimmt werden, daß die Verteilungsschwerpunkte für alle Einflußgrößenklassen in derselben Regelstellgrößenklasse liegen sollten.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch ein Mittel (54) zum Durchführen einer online-Adaption.

3816520

38

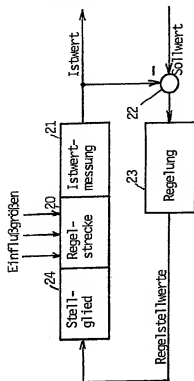
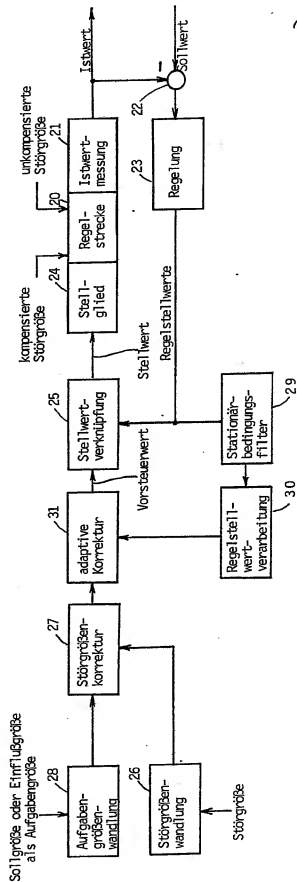


Fig. 1



3816520

39

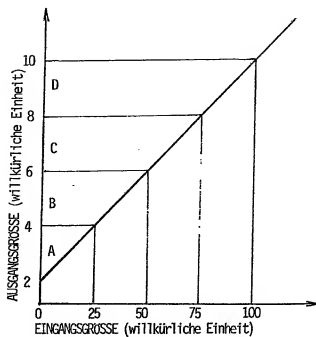


Fig. 3

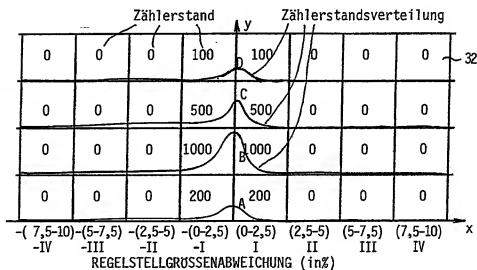


Fig. 4

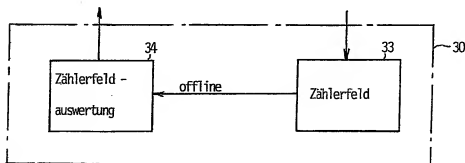


Fig. 9

3816520 40

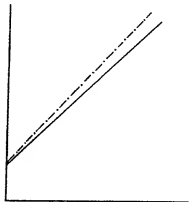


Fig. 5a

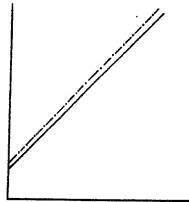


Fig. 6a

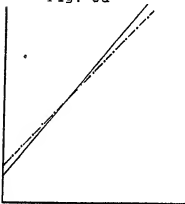


Fig. 7a

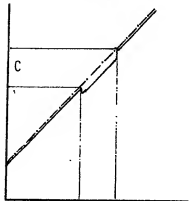


Fig. 8a

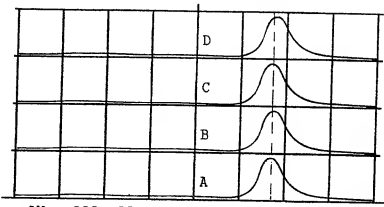


Fig. 5b

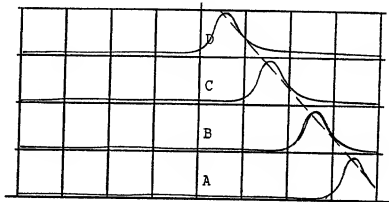


Fig. 6b

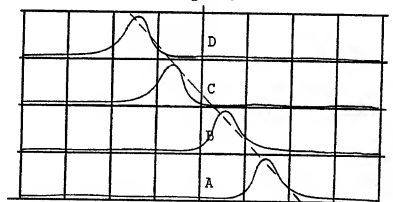


Fig. 7b

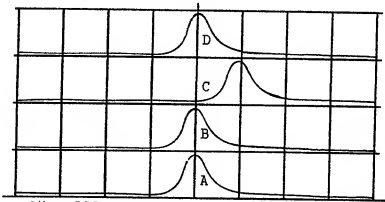


Fig. 8b

3816520

61

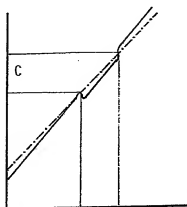


Fig. 10a

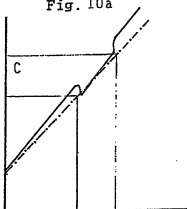


Fig. 11a

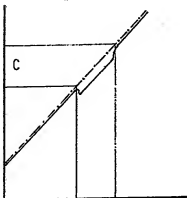


Fig. 12a

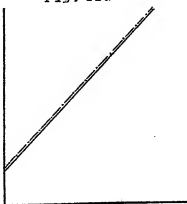


Fig. 13a

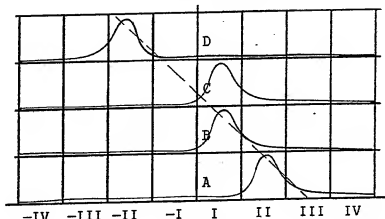


Fig. 10b

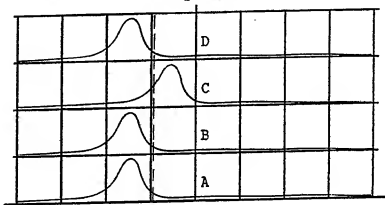


Fig. 11b

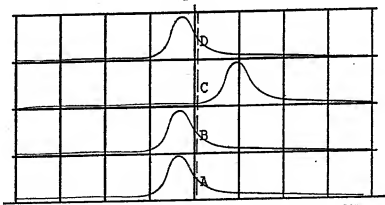


Fig. 12b

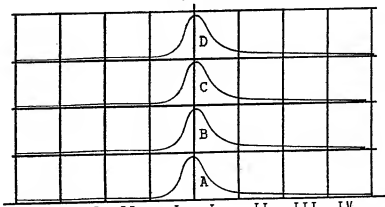


Fig. 13b

42

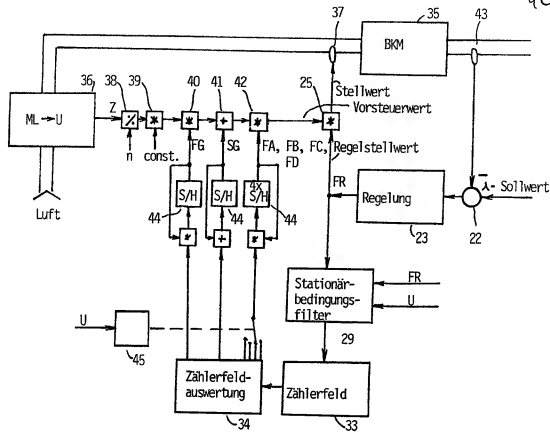


Fig. 14

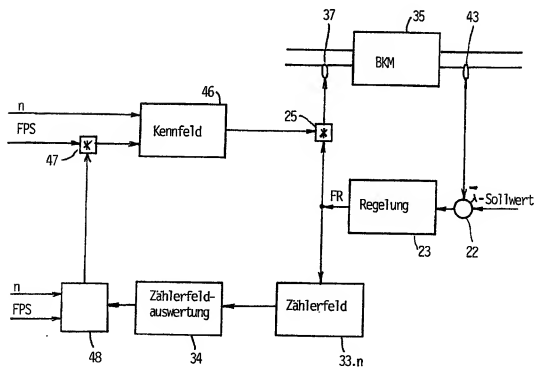


Fig. 15

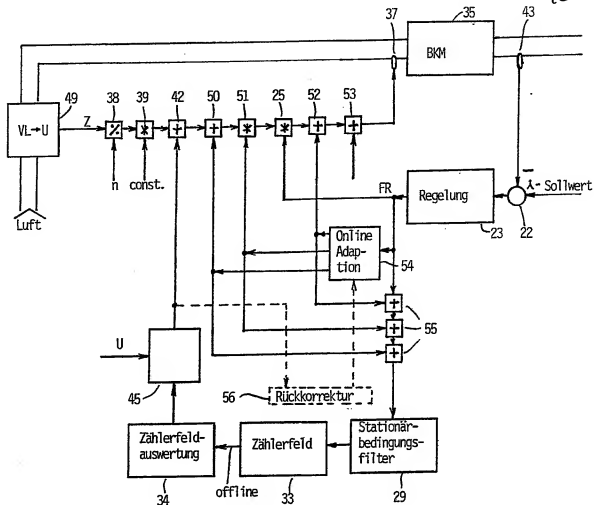


Fig. 16

3816520

64x

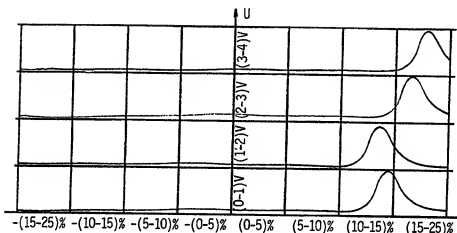


Fig. 17

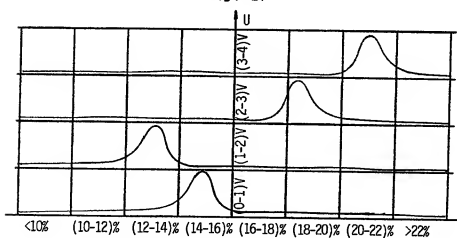


Fig. 18